

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА
ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ ЗЕМЕЛЬ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Пасичник Наталия Анатольевна, к.с.-х.н., доцент

Шворов Сергей Андреевич, д.т.н., профессор

Опрышко Алексей Александрович, к.т.н., доцент

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Pasichnyk Natalia, PhD, n.pasichnyk@nubip.edu.ua

Shvorov Sergey, PhD, sosdok@nubip.edu.ua

Opryshko Oleksiy, PhD, ozon.kiev@nubip.edu.ua

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Рассматриваются вопросы применения спутниковых технологий для выбора характерных участков поля для проведения почвоведческих исследований. Показано предпочтительность использования архивных данных спутниковых снимков в сравнении с снимками от БПЛА для оценки рельефа местности.

Ключевые слова: почвоведение, спутниковый мониторинг.

Введение. При создании рынка земель сельскохозяйственного назначения, происходящего в Украине, вопросы экологического проектирования среды становятся крайне актуальными. Традиционный экологический мониторинг почв был ориентирован на изучение эрозии, трансформации основных физических свойств и органического вещества [1, с.37]. При организации рынка аренды земель кроме этих показателей необходимо контролировать и количества основных элементов – азота, фосфора и калия. Согласно действующих нормативных документов такой анализ является обязательным при оценке и проводится в лабораторных условиях. Содержание элементов питания на поле не равномерно и для получения максимально достоверных данных количество образцов нужно увеличивать что организационно усложняет процесс. К тому же такие химические анализы являются методически сложными и не дешевым по этому их количество стараются минимизировать. Для достижения баланса между точностью и стоимостью исследований желательно брать анализы в характерных участках поля выбор которых является актуальной задачей. Современные спутниковые технологии могут стать источником информации про рельеф и растительность на поле. Такие исследования можно легко масштабировать и поэтому, вопрос разработки методики использования спутниковых снимков для организации мониторинга состояния почвы стал целью данной работы.

Состояние вопроса. Спутниковые технологии мониторинга активно продвигаются для управления прежде всего азотным питанием растений. Доступные данные от спутникового сервиса Landsat использовались [2, с.93] в режиме off-line для дифференцированного внесения азотных удобрений для повышения рентабельности производства. Использование беспилотных летательных аппаратов для тех же целей также ориентировалось именно на организацию азотной подкормки [3, с.47]. Азотные удобрения водорастворимы и ориентация на них при мониторинге для управления урожаем понятна, но такие элементы как фосфор и калий так же критично важны для урожайности. Для выделения характерных участков для отбора проб могут использоваться архивные данные спутникового зондирования земли. В свободном доступе находятся архивные данные зондирования в видимом диапазоне такие как сервис Google map (<https://www.google.com.ua/maps/>) с разрешением 0,5 м/пиксел. Данный сервис представляет доступ к многолетнему архиву изображений и может быть использован для оценки рельефа местности и частично для оценки плотности

растительности. Для оценки распределения стрессовых состояний растений могут использоваться спутники Landsat (<https://landlook.usgs.gov/viewer.html>), которые так же предоставляют доступ к архивным данным, но разрешающая способность снимков в 15 -30 м/пиксел невысокая. Более высокую детализацию в 10 м/пиксел обеспечивают европейские спутники Sentinel-2. Европейское космическое агентство создало группировку спутников, которая проводит мониторинг и территории Украины, но данные на европейских хабах ранее хранились 3 недели. С 2020 года на базе Национального центра управления и испытаний космических средств (<https://spacecenter.gov.ua/>) создан специализированный электронный архив данных спутникового мониторинга (<http://sentinel.spacecenter.gov.ua>) с помощью которого эти архивные данные стали доступны. При анализе распределения вегетационных индексов таких как NDVI на исследуемом поле можно выявить характерные участки для отбора образцов почвы.

Методика и результаты экспериментальных исследований. Полевые исследования проводились 09.04.2020 года на производственных посевах рапса озимого в Агрономической исследовательской станции НУБиП Украины (с. Пшеничное, координаты 50°06'05"N, 30°12'30"E). Для исследований использовались архивные данные спутникового мониторинга и результаты спектрального зондирования с помощью БПЛА оснащенного спектральным комплексом Slantrange 3p. Высота полета БПЛА 100 м. Обработка данных спектрального мониторинга от БПЛА проводилась с помощью программного обеспечения Agisoft PhotoScan и Slantview.

Оценка рельефа. При наличии доступа к архивным данным спутникового мониторинга неоднородность рельефа легко выявить по неравномерности увлажнения почвы весной при таянии снега. Принципиальным недостатком спутникового мониторинга в видимом диапазоне спектра является его зависимость от облачности, но при наличии информации за несколько лет вероятность получения пригодных данных высокая. На рис.1 приведены спутниковый снимок исследуемого поля (обведено красной линией) и результаты вычислений рельефа поля по данным мониторинга с использованием БПЛА.

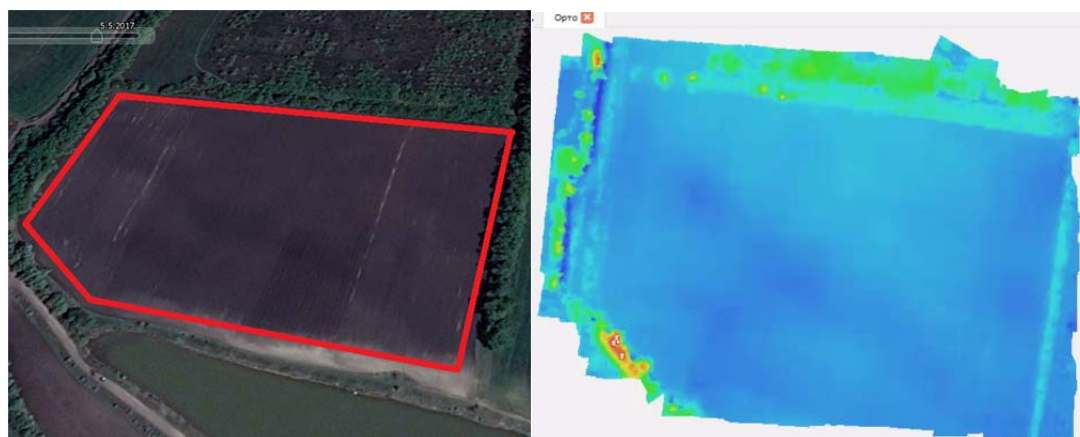


Рисунок 1. – Спутниковый снимок поля (слева) расчетные значения рельефа, полученные с помощью БПЛА (справа)

При сравнении данных полученных с помощью спутника и БПЛА видно, что результаты выявления впадин в целом совпадают. Для данных от БПЛА осуществить позиционирование проще исходя из данных GPS, но время, потраченное на расчет карты, составило более 3 часов. Для спутниковых данных возможна сложность в позиционировании поскольку поле было в стороне от орбиты космического аппарата, и съёмка проводилась не под прямым углом как у БПЛА. Координаты точек отбора проб можно рассчитать, как по наземным ориентирам с известными координатами, так и исходя из служебных данных съёмки. Повышения точности можно достичь если комбинировать данные спутникового мониторинга от разных аппаратов как показано в [2, с.93] где объединили данные от AZERSKY и WORDVIEW2.

Оценка распределения стрессовых индексов. На рис. 2 показано карту распределения вегетационного индекса для исследуемого поля.

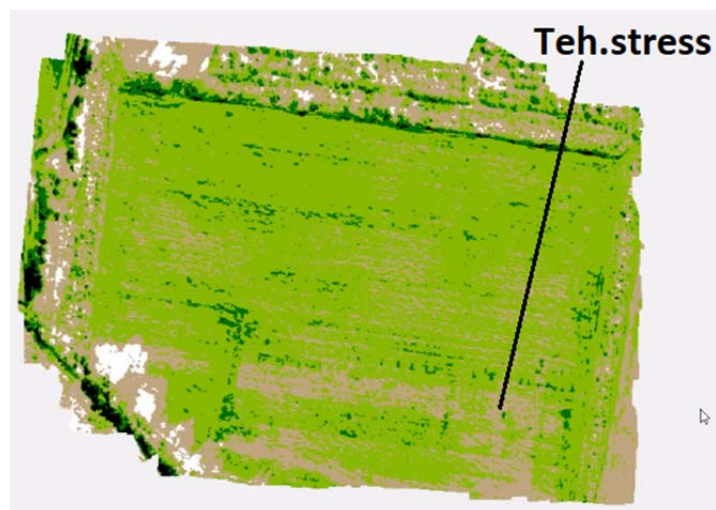


Рисунок 2. – Карта распределения вегетационного индекса по красному каналу

Исходя из сопоставления данных на рис.1 и рис. 2 часть стрессовых участков посевов соответствует низине где произошло уплотнение почвы в следствии особенностей водного режима.

Кроме участков с более развитыми растениями, где целесообразно отобрать образцы почвы были выявлены участки с нехарактерным для обычных стрессов геометрией (на рис. 2 обозначены **Teh.stress**). Прямые линии характерны для перемещения технологического оборудования и соответственно стрессов технологического характера – разрежённости посевов или пролонгированного действия гербицидов. Разрежённость посевов легко выявить визуально, оценив количество растений. При соответствии норм высева имеет смысл брать анализ почвы на определение количества гербицидов и их продуктов разложения.

Проведенные лабораторные анализы подтвердили наличие существенной разницы в содержании элементов в образцах почвы взятых в характерных участках поля.

Выводы. Спутниковые технологии являются инновационным инструментарием для организации наземных исследований в почвоведении и могут эффективно использоваться для оценки рельефа местности.

Архивные данные спутникового мониторинга Земли способствуют выявлению стойких особенностей рельефа на полях дают возможность интерпретировать причины стрессовых состояний посевов.

Анализ карт распределения вегетационных индексов посевов позволяет выявлять как характерные участки с различным содержанием элементов питания, так и участки с возможным химическим отравлением посевов в следствии пролонгированного воздействия гербицидов.

Список использованных источников

1. Русанов А.М., Шеин Е.В., Милановский Е.Ю. Организация экологического мониторинга почв как составная часть государственного мониторинга земель и его первые результаты (на примере Ориенбургской области) // Вестн. Московского университета, Сер.17. Почвоведение. 2011. №3, С.32-37;
2. Шерстобитов С.В., Абрамов Н.В. Влияние почвенной неоднородности и внесение усредненной нормы азотных удобрений на урожайность яровой пшеницы // Вестник КрасГАУ. Агрономия. 2020. № 5, С.93-99, DOI:10.36718/1819-4036-2020-5-93-99;
3. Lysenko V., Opryshko O., Komarchuk D., Pasichnyk N., Zaets N., Dudnyk A. Information support of the remote nitrogen monitoring system in agricultural crops. Int. J. Comput. 2018, №17, p.47–54;
1. Исмазова Х.Р., Бадалова А.Н., Талыбова С.С., Исмаилов А.И. Особенности применения аэрокосмических методов в почвоведении // Современные тенденции в науке, технике, образовании. Из-во Наукосфера, 2020, С.10-21;